

Ο όρος bioMEMS προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων biological MicroElectroMechanical Systems. Πρόκειται για μικροσκοπικές συσκευές που αναπτύσσονται για να διαχειριστούν βιολογικό υλικό σε κάποια πρακτική εφαρμογή. Τα bioMEMS αποτελούν μια ειδική κατηγορία των MEMS, όρος που αναφέρεται γενικά στα μικροηλεκτρομηχανολογικά συστήματα.

Τα MEMS είναι συσκευές με μέγεθος της τάξης των μερικών μικρών που βρίσκουν πολλές διαφορετικές εφαρμογές. Ήδη αρκετές τέτοιες συσκευές αποτελούν εμπορικά προϊόντα. Τα MEMS μπορεί να αποτελούν αισθητήρες, επενεργητές ή και δομικά συστατικά μιας κατασκευής. Το βασικό τους πλεονέκτημα είναι προφανώς το μικροσκοπικό τους μέγεθος που τα κάνει να «προσεγγίζουν» μέχρι πρότινος απρόσιτα σημεία.

Βασικές εφαρμογές των MEMS αποτελούν οι εγχυτήρες σε εκτυπωτές έγχυσης, τα επιταχυνσιόμετρα σε σύγχρονα αυτοκίνητα, σε χειριστήρια παιχνιδιομηχανών με δυνατότητα ανάδρασης ή σε κινητά τηλέφωνα. Άλλες εφαρμογές αποτελούν οι οπτικοί διακόπτες, γυροσκόπια για οχήματα διαφόρων τύπων και αισθητήρες πίεσης. Φυσικά, τα παραπάνω δεν εξαντλούν με κανένα τρόπο τις δυνατές εφαρμογές, δίνουν απλά μια αίσθηση του αντικειμένου για το οποίο μιλάμε.

Όπως είδαμε τα bioMEMS αποτελούν μια ειδική κατηγορία των MEMS και συγκεκριμένα την εφαρμογή τους σε βιολογικές μετρήσεις. Από την πλευρά αυτή τα bioMEMS θα μπορούσαν να ενταχθούν στο πεδίο των βιολογικών μετρήσεων, αλλά τα εξετάζουμε ξεχωριστά καθώς πρόκειται για ένα γιγάντιο πεδίο που αναπτύσσεται ανεξάρτητα από τα υπόλοιπα πεδία της βιοϊατρικής τεχνολογίας και παρουσιάζει τεράστιο ενδιαφέρον για τον μηχανικό.

Στη συνέχεια θα προχωρήσουμε σε μια γενική περιγραφή των συσκευών, των υλικών που χρησιμοποιούνται συνήθως και των μεθόδων κατασκευής. Στη συνέχεια θα παραθέσουμε συνοπτικά διάφορες ενδιαφέρουσες εφαρμογές, όπως τις παρουσιάζουν οι ερευνητές που τις έχουν αναπτύξει.

Τα μικροηλεκτρομηχανολογικά συστήματα (MEMS) αποτελούν την τεχνολογία των πολύ μικρών συσκευών. Στην Ιαπωνία αναφέρονται συχνά ως μικρομηχανές (micromachines) και στην Ευρώπη ως τεχνολογία μικροσυστημάτων (micro systems technology – MST).

Τα MEMS μπορεί να αποτελούνται από διάφορα μέρη των οποίων οι διαστάσεις βρίσκονται ανάμεσα στο 1μm και τα 100μm. Σε άλλη κατηγορία εντάσσονται συσκευές με διαστάσεις της τάξης των μερικών νανόμετρων (NanoElectroMechanical Systems – NEMS).

Οι συσκευές αυτές συνήθως αποτελούνται από μια κεντρική μονάδα επεξεργασίας και διάφορα μέρη που αλληλεπιδρούν με το εξωτερικό περιβάλλον ως αισθητήρες ή επενεργητές. Το σημαντικότερο χαρακτηριστικό τους είναι ότι σε αυτές τις διαστάσεις δεν ισχύουν πολλοί κλασικοί νόμοι της φυσικής αλλά απαιτείται διαφορετική αντιμετώπιση. Επίσης, στις συσκευές αυτές ο λόγος επιφάνειας προς μάζα είναι συνήθως πολύ μεγάλος. Έτσι, φαινόμενα επιφάνειας, όπως π.χ. οι ηλεκτροστατικές δυνάμεις, έχουν πολύ ισχυρότερη επίδραση από φαινόμενα μάζας, όπως π.χ. η αδράνεια.

Το όραμα της ανάπτυξης μικροσκοπικών συσκευών προϋπήρχε ήδη πολλά χρόνια πριν εμφανιστούν οι τεχνολογίες που θα έκαναν δυνατή την κατασκευή τους. Στην πραγματικότητα, τα MEMS έγινε δυνατό να κατασκευαστούν μόνο όταν η τεχνολογία κατασκευής ημιαγωγών για ηλεκτρονικές συσκευές αναπτύχθηκε αρκετά. Έτσι, οι βασικές μέθοδοι κατασκευής των συσκευών αυτών βασίζονται στην απόθεση στρώσεων υλικού, στις μεθόδους δημιουργίας μορφών με λιθογραφία και τη χάραξη. Τα συνήθη υλικά που χρησιμοποιούνται είναι το πυρίτιο, διάφορα πολυμερή, μέταλλα και κεραμικά υλικά. Πρόσθετα, στην περίπτωση των bioMEMS τα υλικά μπορεί να είναι βιολογικά ή να ελέγχεται η βιοσυμβατότητά τους ανάλογα με την εφαρμογή.

Μια άλλη υποκατηγορία των MEMS, και σε περίπτωση βιολογικών εφαρμογών των bioMEMS, είναι τα λεγόμενα Lab on a chip devices ή αλλιώς Micro total analysis systems. Τα συστήματα αυτά παρουσιάζουν ορισμένες ιδιαιτερότητες και για αυτό θα τα εξετάσουμε εν συντομία στην συνέχεια.

➤ Micro-total-analysis systems (μTAS) or Lab-on-a-chip devices (LOC)

Το κύριο χαρακτηριστικό των συσκευών αυτών είναι ότι ενσωματώνουν μια ή περισσότερες λειτουργίες, που κανονικά γίνονται σε περιβάλλον εργαστηρίου, επάνω σε μια επίπεδη συσκευή πολύ μικρών διαστάσεων (chip). Οι συσκευές αυτές μάλιστα συχνά διαχειρίζονται μικροσκοπικές ροές ρευστών, την τάξης των μερικών pl (pico litre).

Για την ανάπτυξη τέτοιων συσκευών απαιτείται καλή γνώση στο πεδίο των μικροροών. Οι μικροροές είναι ροές μέσα από πολύ μικρές οπές ή σωλήνες και δεν ακολουθούν τους κανόνες της κλασικής ρευστομηχανικής. Εδώ τα φαινόμενα της διάτμησης είναι πολύ ισχυρά και οι ταχύτητες συνήθως πολύ χαμηλές με αποτέλεσμα να απαιτείται ξεχωριστή μελέτη. Επίσης, οι συσκευές αυτές μπορεί να διαχειρίζονται και μη νευτώνια ρευστά όπως το αίμα. Καταλαβαίνουμε λοιπόν ότι μόνον η γνώση της κλασικής μηχανικής και ρευστομηχανικής δεν επαρκούν για την ανάπτυξη τέτοιων συσκευών.<sup>[7.1]</sup>

## Εφαρμογές στην ιατρική

- Νευρολογία: Μέτρηση νευρικών σημάτων, ενεργοποίηση νευρώνων με ηλεκτρικά σήματα, στοχευόμενη μεταφορά φαρμάκων κ.λπ.

*Παράδειγμα*: Μικροηλεκτρόδια και συστήματα από την εταιρία NeuroNexus™

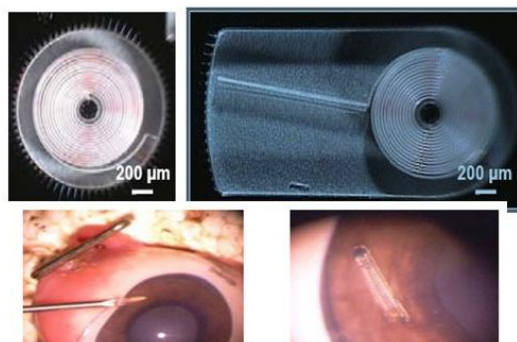
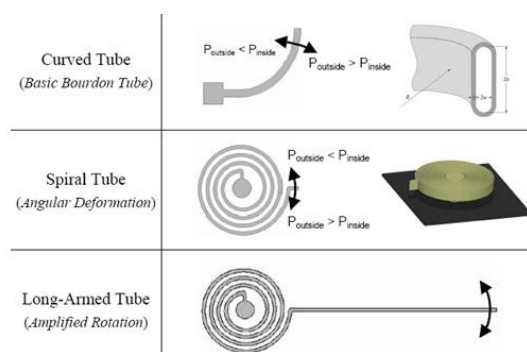
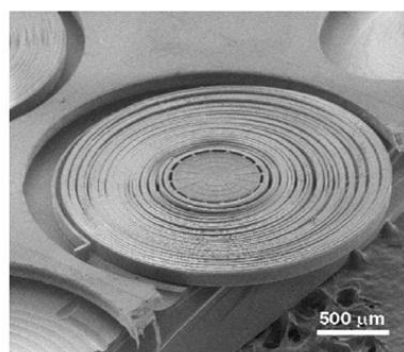
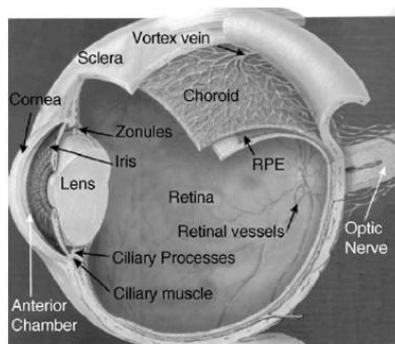
(Link: <http://www.neuronexustech.com/neuroscience-products#> )



- Οπτική: Αισθητήρες μέτρησης πίεσης στο εσωτερικό του βολβού του ματιού (IntraOcular Pressure (IOP) Sensor). Πολλές φορές αποτελεί την ένδειξη εγκεφαλικού επεισοδίου, ενώ μπορεί να προληφθούν και βλάβες στο μάτι.

*Παράδειγμα*: Unpowered spiral tube parylene pressure sensor for intraocular pressure sensing, Po-Jui Chen Damien C. Rodger Mark S. Humayun and Yu-Chong Tai, Elsevier, 2006

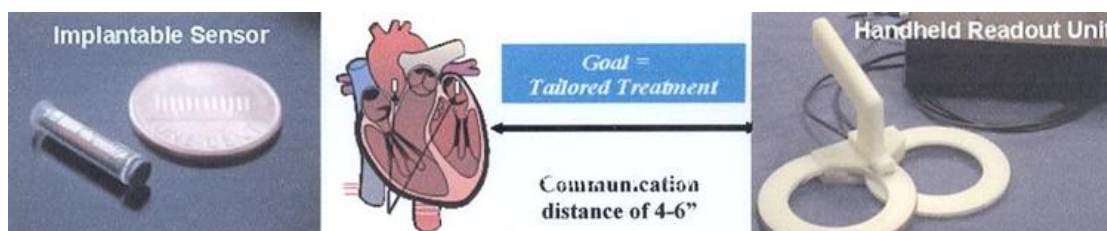
(Link: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924424705004917> )



- Καρδιολογία: Μέτρηση πίεσης της καρδιάς και των καρδιακών παλμών και συνεχής μετάδοση του σήματος στον γιατρό που παρακολουθεί τον ασθενή ώστε να αποφευχθεί καρδιακή ανακοπή.

*Παράδειγμα*: Ασύρματο εμφύτευμα μέτρησης πίεσης και καρδιακών παλμών για άτομα που αντιμετωπίζουν καρδιακές δυσλειτουργίες από την εταιρία ISSYS™

(Link: <http://www.mems-issys.com/implantable.shtml> )



- Κρανιακές βλάβες: Μέτρηση πίεσης στο εσωτερικό του κρανίου (IntraCranial Pressure – ICP) κυρίως για την παρακολούθηση ασθενών που έχουν υποστεί κρανιακά τραύματα.

*Παράδειγμα*: Ασύρματο εμφύτευμα μέτρησης πίεσης στο εσωτερικό του κρανίου από την εταιρία ISSYS™

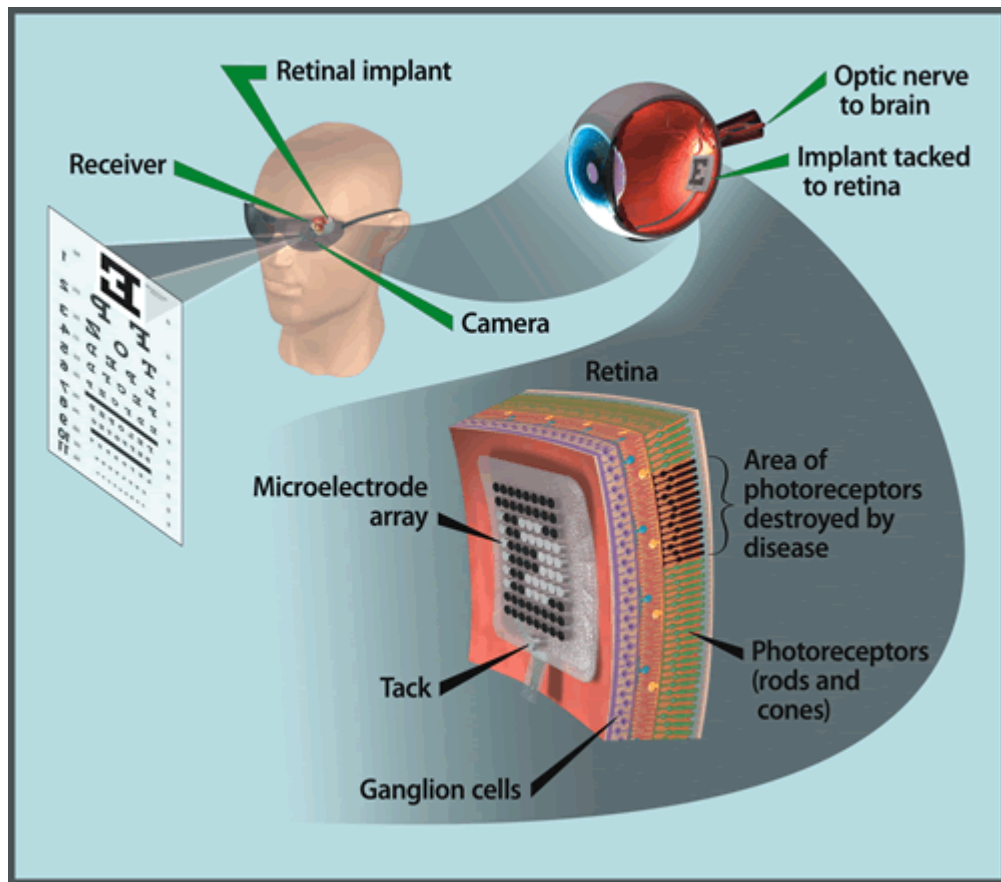
(Link: [http://www.mems-issys.com/implantable\\_intracranial.shtml](http://www.mems-issys.com/implantable_intracranial.shtml))



- Οπτική: Δημιουργία τεχνητού αμφιβληστροειδή που μεταφέρει στον εγκέφαλο οπτικά σήματα για άτομα με κατεστραμμένο αμφιβληστροειδή.

*Παράδειγμα*: Κάμερα, εμφύτευμα αμφιβληστροειδούς και μικροεπεξεργαστής για την απόδοση εικόνων απευθείας στο οπτικό νεύρο του ασθενούς από το Artificial Retina Project, U.S. Department of Energy Office of Science.

(Link: <http://artificialretina.energy.gov/howartificialretinaworks.shtml>)



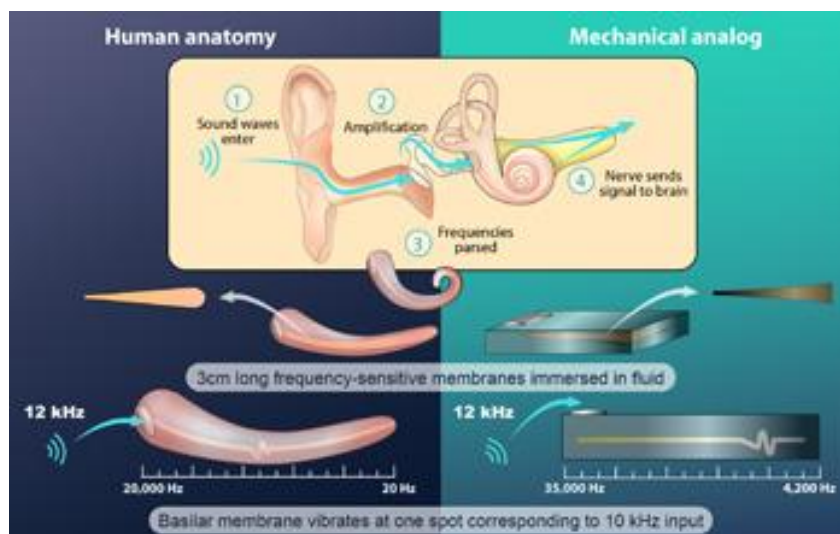
- Ακουστική: Δημιουργία τεχνητού κοχλίας για το αυτί ώστε να αποκατασταθεί η ακοή ατόμων με κώφωση.

*Παράδειγμα*: Τεχνητός κοχλίας αυτιού που μιμείται τον φυσικό και μπορεί να αποκαταστήσει την ακοή σε άτομα των οποίων ο κοχλίας έχει υποστεί βλάβη.

National Science Foundation, Directorate for Engineering.

University of Michigan, K. Grosh K. Wise R. White K. Najafi

(Link: [http://www.nsf.gov/discoveries/disc\\_summ.jsp?cntn\\_id=104071&org=CMMI](http://www.nsf.gov/discoveries/disc_summ.jsp?cntn_id=104071&org=CMMI))

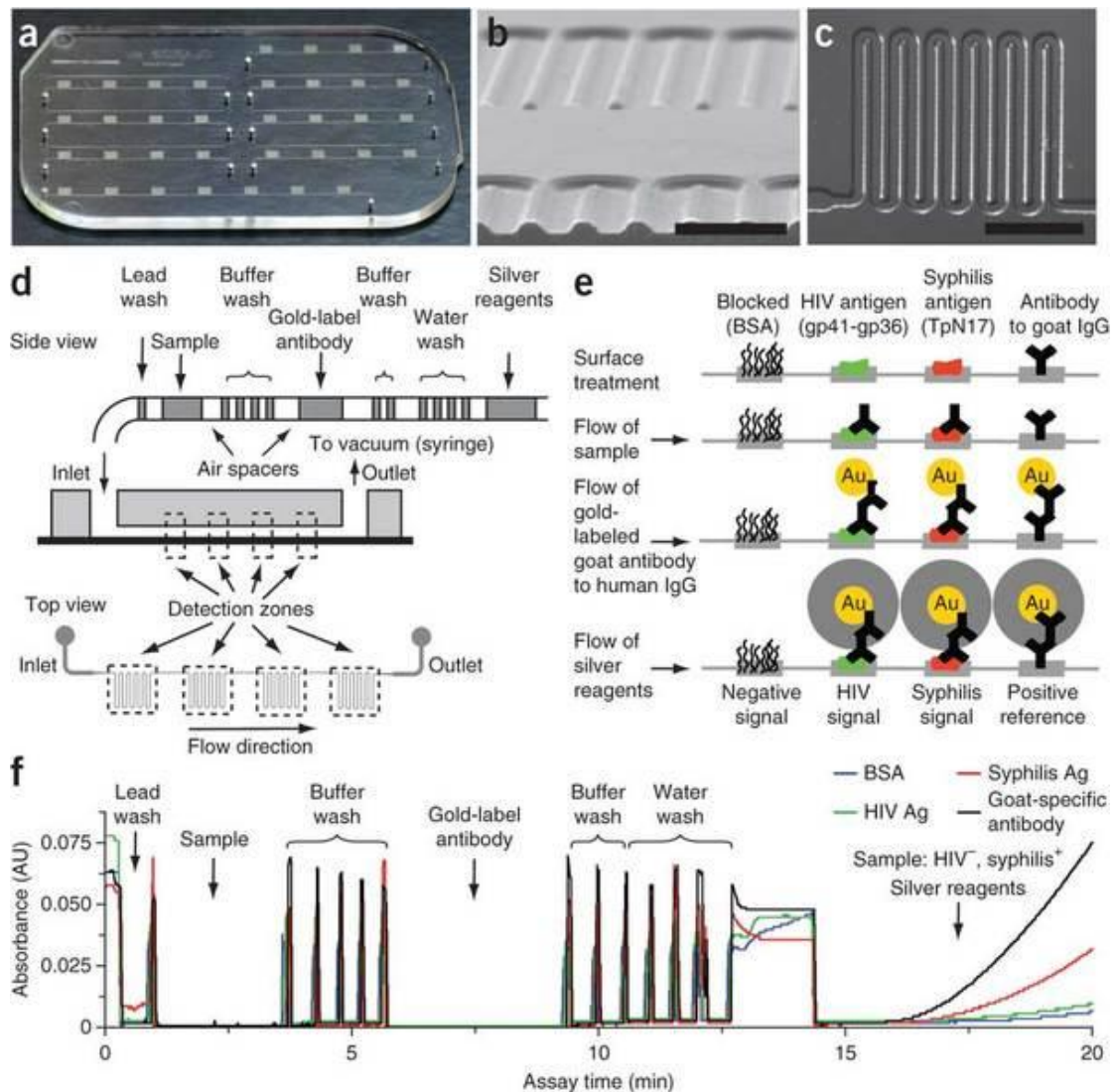




- Διάγνωση ασθενειών: Ολοκληρωμένη συσκευή (Lab on a chip) για την διάγνωση μεταδιδόμενων ασθενειών στον αναπτυσσόμενο κόσμο.

*Παράδειγμα*: Microfluidics-based diagnostics of infectious diseases in the developing world, Samuel K Sia et al, Nature Medicine, 2011.

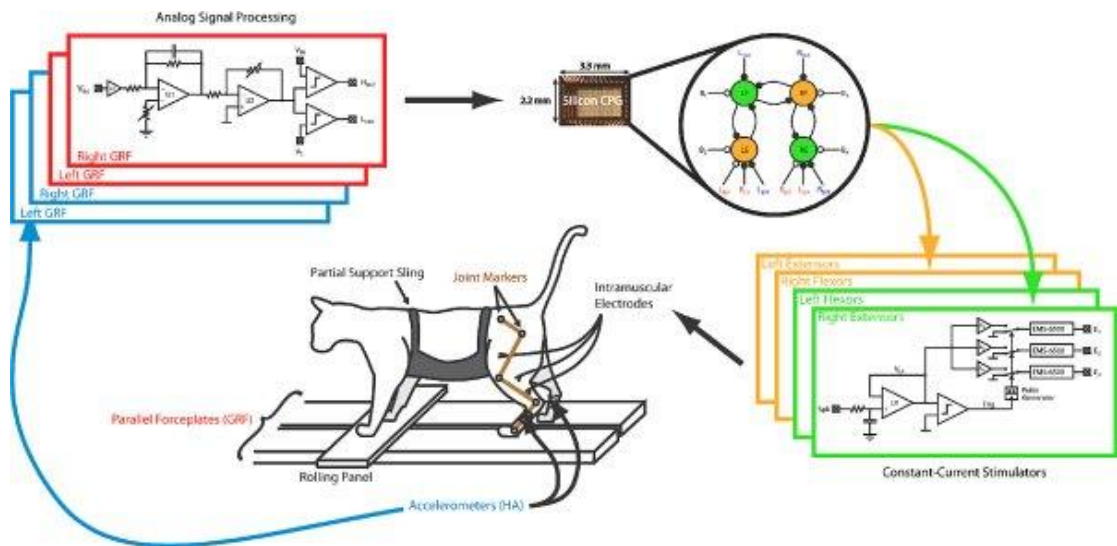
(Link: <http://www.nature.com/nm/journal/v17/n8/full/nm.2408.html> )



- Σπονδυλική στήλη: Ενσωματωμένο εμφύτευμα που μπορεί να επαναφέρει την δυνατότητα της κίνησης σε άτομα με τραυματισμούς στην σπονδυλική στήλη.

*Παράδειγμα*: Δημιουργία ολοκληρωμένου κυκλώματος από ερευνητές του John Hopkins University. Πηγή: EE Times India, Analogue chip could be Rx for spinal cord injury, 2007

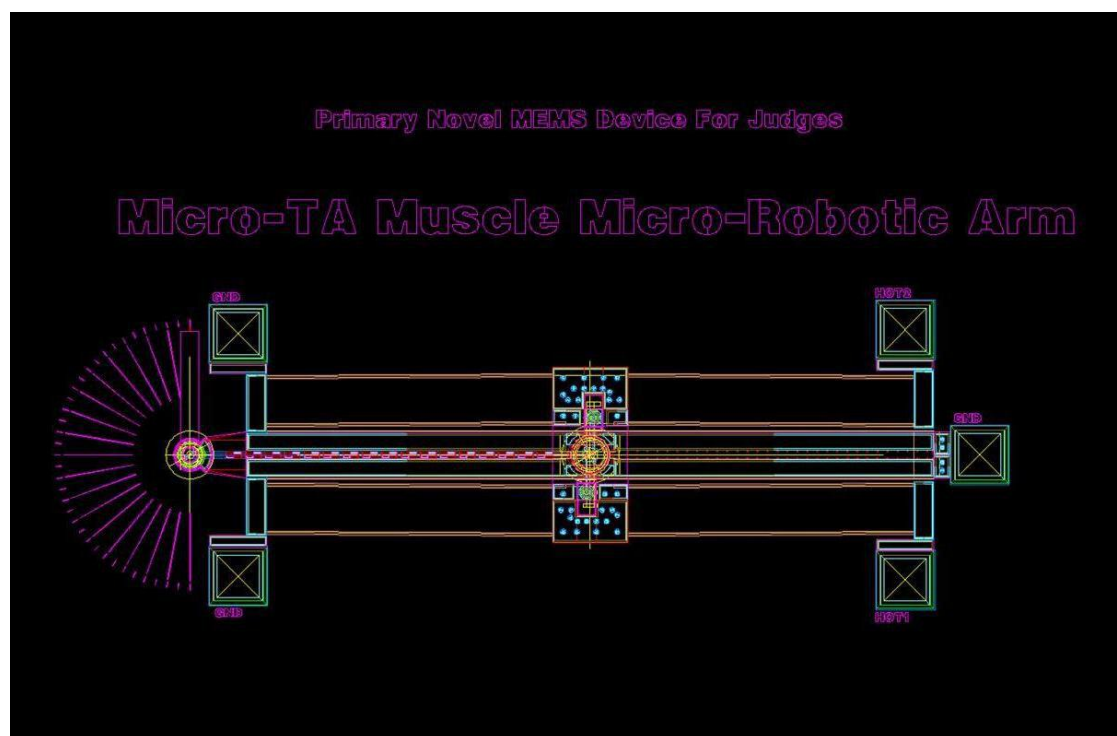
(Link: [http://www.eetindia.co.in/ART\\_8800480918\\_1800001\\_NT\\_4dc1ced1.HTM](http://www.eetindia.co.in/ART_8800480918_1800001_NT_4dc1ced1.HTM) )



- Μικροχειρουργική: Συσκευές MEMS κατευθυνόμενες εξωτερικά από χειρουργούς θα μπορούσαν να πραγματοποιήσουν μικροχειρουργικές επεμβάσεις φτάνοντας σε απρόσιτα σημεία του σώματος με ελάχιστο τραυματισμό υγιών ιστών.

*Παράδειγμα*: Μηχανικός μικρομύας σχεδιασμένος από το πανεπιστήμιο της Oklahoma, έτσι ώστε να μπορεί να πραγματοποιήσει μικροχειρουργικές επεμβάσεις. Ο σχεδιασμός αυτός κέρδισε το βραβείο MEMS του εργαστηρίου Sandia των Η.Π.Α.

(Link: <https://share.sandia.gov/news/resources/releases/2008/memscontest.html>)



## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

[7.1] <http://en.wikipedia.org/wiki/>